

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-076748

(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl.

H01M 8/02

H01M 8/10

(21)Application number : 2000-165980

(71)Applicant : IBIDEN CO LTD

(22)Date of filing : 02.06.2000

(72)Inventor : KATO HIDEKI
MORIO YASUNORI

(30)Priority

Priority number : 11189005

Priority date : 02.07.1999

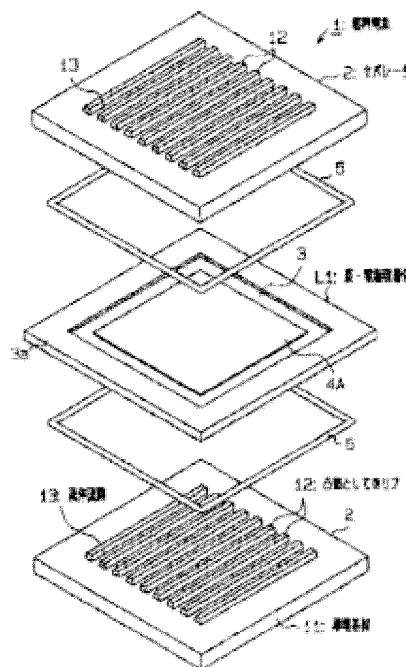
Priority country : JP

(54) SEPARATOR FOR SOLID POLYMER TYPE FUEL CELL AND MANUFACTURE METHOD AND SOLID POLYMER TYPE FUEL CELL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a separator that is relatively inexpensive but can be made with high precision.

SOLUTION: A separator 2 for a solid polymer type fuel cell 1 is provided with a base member 11 and protruding parts 12. The protruding parts 12 are formed by accreting conductive material P1 against both sides the base member 11. Regions between the protruding parts 12 function as fluid accesses 13. Because fluids such as oxygen gas, hydrogen gas, and water do not permeate the base member 11, the fluid can be securely and efficiently poured into the fluid accesses 13. The protruding parts 1a, if formed by the accreting conductive material P1, do not require an expensive metal mold for press molding and lengthy machining for formation thereof, thereby providing a high precision separator.



(11)特許出願公開番号
特開2001-76748
(P2001-76748A)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ページ* (参考)
H 0 1 M 8/02		H 0 1 M 8/02	Y 5 H 0 2 6
8/10		8/10	

【特許請求の範囲】

【請求項1】基材と、その基材の少なくとも片面に対し導電性材料を付着させることにより形成された凸部とを備え、前記凸部同士の間領域が流体流路になっている固体高分子型燃料電池のセパレータ。

【請求項2】導電基材に導電性材料を印刷することにより形成された複数のリブを備えることを特徴とする請求項1に記載の固体高分子型燃料電池のセパレータ。

【請求項3】絶縁基材の両面に対し、導電性材料を印刷することにより形成された複数のリブを備え、かつ前記両面のリブ同士が前記絶縁基材に設けられた導通部を介して電氣的に接続されていることを特徴とする請求項1に記載の固体高分子型燃料電池のセパレータ。

【請求項4】前記リブは前記導通部の開口部を覆うように形成されていることを特徴とする請求項3に記載の固体高分子型燃料電池のセパレータ。

【請求項5】基材片面に対する導電性材料の印刷により形成された複数の第1リブと、前記第1リブと電氣的に接続された導通部とを備える第1絶縁基材と、基材片面に対する導電性材料の印刷により形成された複数の第2リブと、前記第2リブと電氣的に接続された導通部とを備える第2絶縁基材と、前記両絶縁基材の間に配置された導電体とからなる積層体を構成するとともに、前記第1絶縁基材の導通部と前記第2絶縁基材の導通部とを、前記導電体を介して互いに電氣的に接続したことを特徴とする請求項1に記載の固体高分子型燃料電池のセパレータ。

【請求項6】前記導通部は導電性材料が充填された導通部であり、その導通部の内壁面には凹凸層が形成されていることを特徴とする請求項3乃至5のいずれか1項に記載の固体高分子型燃料電池のセパレータ。

【請求項7】前記導通部は導電性材料が充填されためっきスルーホールであり、そのめっきスルーホールの内壁面にあるめっき層には凹凸層が形成されていることを特徴とする請求項3乃至5のいずれか1項に記載の固体高分子型燃料電池のセパレータ。

【請求項8】前記導通部は絶縁樹脂材料が充填されためっきスルーホールであり、そのめっきスルーホールの内壁面にあるめっき層には凹凸層が形成されていることを特徴とする請求項3乃至5のいずれか1項に記載の固体高分子型燃料電池のセパレータ。

【請求項9】固体高分子型燃料電池のセパレータを製造する方法であって、炭素を主成分とする成形体を成形した後、その表面に凸部形成用の導電性材料を印刷することにより凸部を形成することを特徴とする固体高分子型燃料電池のセパレータの製造方法。

【請求項10】プロトン交換膜と、電極と、請求項1乃至8のいずれか1項に記載のセパレータとを備える固体高分子型燃料電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体高分子型燃料電池、並びにそのセパレータ及びそのセパレータを製造する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、クリーンで発電効率の高い次世代の発電装置が望まれており、酸素及び水素の持つ化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する燃料電池(Fuel Cell)に対する期待が次第に高まってきている。現状における燃料電池の種類としては、りん酸型、アルカリ型、溶融炭酸塩型、固体電解質型、固体高分子型(イオン交換膜型ともいう。)などが知られている。なかでも固体高分子型燃料電池(PEFC: Polymer Electrolyte Fuel Cell)は、小規模かつポータブルな電源としての用途(例えば電気自動車用電源など)に適すると考えられている。ゆえに、その実用化に向けて、現在精力的に開発が進められている。

【0003】このタイプの燃料電池は、例えば電解質層としてプロトン導電性を有するイオン交換膜の1つである固体高分子膜(以後プロトン交換膜)の両側に電極を配置してなる膜・電極積層体(単電池)を備えている。このような固体高分子膜は、分子中に水素イオンの交換基を持つため、飽和含水状態とすることによりイオン導電性電解質として機能することができる。これらの電極には白金等の金属触媒が担持されている。一対の電極のうちの一方は水素極(陰極)と呼ばれ、他方は酸素極(陽極)と呼ばれる。膜・電極積層体の両側には一対のセパレータが配置されており、それらセパレータによって両電極及びイオン交換膜の外周部が挟持されている。セパレータ用材料としては、従来、炭素粉末及び熱硬化性樹脂を主成分とする成形体が提案されている。

【0004】水素極側のセパレータを介して供給されてきた水素ガス(H_2)は、水素極における触媒反応により水素イオン(H^+)と電子(e^-)とに解離する。水素イオンはプロトン交換膜を通過しながら酸素極に向かって移動し、電子は外部回路を通過して酸素極側へ移動する。酸素極側には酸素ガス(O_2)が供給されている。

【0005】従って、酸素極における触媒反応により、水素イオン及び外部回路を経由した電子が酸素ガスと反応し、水(H_2O)が生じる。このとき、外部回路を経由した電子は電流となり、負荷に対して電力を供給することができる。別の言い方をすると、酸素ガス及び水素ガスを燃料として、電気分解反応の逆反応により、起電力が得られるようになっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、気体不透透性炭素(ガラス状炭素や樹脂含浸炭素材等)からなる従来のセパレータは、凸部としての多数のリブを片面または両面に備えている。各リブの上面は電極に接触した状

態で配置される。また、酸素ガス、水素ガス、水分等の流体は、リブ間の領域を流通するようになっている。

【0007】従来においてこのようなリブは、金型を用いた従来公知のプレス成形法等によりセパレータと同時に形成されたり、気体不透過性炭素材を機械加工することにより形成されるのが一般的であった。しかしながら、高精度かつファインなリブを得ようとすると、必然的に高価な金型が必要になったり、長時間の機械加工が必要となる。ゆえに、このことがセパレータの生産性低下の原因となっていた。

【0008】本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、比較的安価であっても高精度なセパレータ及び固体高分子型燃料電池を提供することにある。また、本発明の別の目的は、上記の優れたセパレータの製造に好適な方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、請求項1に記載の発明では、基材と、その基材の少なくとも片面に対し導電性材料を付着させることにより形成された凸部とを備え、前記凸部同士の間領域が流体流路になっている固体高分子型燃料電池のセパレータをその要旨とする。

【0010】請求項2に記載の発明は、導電基材に導電性材料を印刷することにより形成された複数のリブを備え、請求項3に記載の発明は、請求項1において、絶縁基材の両面に対し、導電性材料を印刷することにより形成された複数のリブを備え、かつ前記両面のリブ同士が前記絶縁基材に設けられた導通部を介して電気的に接続されているとしている。

【0011】請求項4に記載の発明は、請求項3において、前記リブは前記導通部の開口部を覆うように形成している。請求項5に記載の発明は、請求項1において、基材片面に対する導電性材料の印刷により形成された複数の第1リブと、前記第1リブと電気的に接続された導通部とを備える第1絶縁基材と、基材片面に対する導電性材料の印刷により形成された複数の第2リブと、前記第2リブと電気的に接続された導通部とを備える第2絶縁基材と、前記両絶縁基材の間に配置された導電体とからなる積層体を構成するとともに、前記第1絶縁基材の導通部と前記第2絶縁基材の導通部とを、前記導電体を介して互いに電気的に接続している。

【0012】請求項6に記載の発明は、請求項3乃至5のいずれか1項において、前記導通部は導電性材料が充填された導通部であり、その導通部の内壁面には凹凸が形成されているとしている。

【0013】請求項7に記載の発明は、請求項3乃至5のいずれか1項において、前記導通部は導電性材料が充填されためっきスルーホールであり、そのめっきスルーホールの内壁面にあるめっき層には凹凸が形成されているとしている。

【0014】請求項8に記載の発明は、請求項3乃至5のいずれか1項において、前記導通部は絶縁樹脂材料が充填されためっきスルーホールであり、そのめっきスルーホールの内壁面にあるめっき層には凹凸が形成されているとしている。

【0015】請求項9に記載の発明では、固体高分子型燃料電池のセパレータを製造する方法であって、炭素を主成分とする成形体を成形した後、その表面に凸部形成用の導電性材料を印刷することにより凸部を形成することを特徴とする固体高分子型燃料電池のセパレータの製造方法をその要旨とする。

【0016】請求項10に記載の発明では、プロトン交換膜と、電極と、請求項1乃至8のいずれか1項に記載のセパレータとを備える固体高分子型燃料電池をその要旨とする。

【0017】以下、本発明の「作用」について説明する。請求項1～8に記載の発明によると、酸素ガス、水素ガス、水等の流体が基材を透過することがないので、流体流路に前記流体を無駄なく確実に流すことができる。また、導電性材料の付着により形成された凸部であれば、その形成に際して高価なプレス成形用金型や長時間の機械加工が不要となるため、高精度のセパレータを得ることができる。

【0018】請求項2に記載の発明によると、基材自体に導電性があることから、基材両面に印刷形成されたリブ同士が、その導電基材を介して電気的に接続される。また、導電性材料の印刷により形成されたリブであるため、高価なプレス成形用金型や長時間の機械加工によって形成されたリブに比べ、高精度かつファインなものとなる。

【0019】請求項3に記載の発明によると、基材自体に導電性がなくても基材に導通部が設けられていることから、基材両面に印刷形成されたリブ同士が、その導通部を介して電気的に接続される。また、導電性材料の印刷により形成されたリブであるため、高価なプレス成形用金型や長時間の機械加工によって形成されたリブに比べ、高精度かつファインなものとなる。

【0020】請求項4に記載の発明によると、導通部の開口部がリブによって覆われることにより、流体流路を流れる流体が導通部の形成箇所に直接触れなくなり、イオン交換膜の被毒化が防止される。

【0021】請求項5に記載の発明によると、両絶縁基材の間に配置された導電体を介して、第1絶縁基材の導通部と第2絶縁基材の導通部とを互いに電気的に接続した構造であるため、導通部の形成位置に制約を受けにくくなる。即ち、導通部の形成自由度が大きくなる。

【0022】請求項6に記載の発明によると、凹凸層が形成された導通部の内壁面に導電性材料を充填すれば、凹凸のもたらすアンカー効果によって、内壁面に対する導電性材料の密着性が向上する。その結果、信頼性の向

上が図られる。

【0023】請求項7に記載の発明によると、凹凸層が形成されためっき層を持つめっきスルーホールに導電性材料を充填すれば、凹凸のもたらすアンカー効果によって、めっき層に対する導電性材料の密着性が向上する。その結果、信頼性の向上が図られる。また、導通部の低抵抗化が図られる結果、ロスが少なく効率のよい発電を行うことができる。

【0024】請求項8に記載の発明によると、凹凸層が形成されためっき層を持つめっきスルーホールに絶縁樹脂材料を充填すれば、凹凸のもたらすアンカー効果によって、めっき層に対する導電性材料の密着性が向上する。その結果、信頼性の向上が図られる。

【0025】請求項9に記載の発明によると、成形及び印刷という一連の工程によって、連続的にセパレータを製造することが可能である。従って、高価なプレス成形用金型や長時間の機械加工を必要とする従来方法とは異なり、安価なセパレータを確実にかつ効率よく製造することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】〔第1の実施形態〕以下、本発明を具体化した第1実施形態の固体高分子型燃料電池1を図1～図5に基づき詳細に説明する。

【0027】図1、図2には、この燃料電池1は、膜・電極積層体L1とセパレータ2とを備えている。膜・電極積層体L1は、プロトン交換膜3の両側に電極4A、4Bを貼り付けた構造となっている。一方のものは水素極4Aであり、他方のものは酸素極4Bである。プロトン交換膜3は、水素イオンを通過させることができる。本実施形態では、例えばパーフルオロカーボンスルホン酸からなる膜をプロトン交換膜3として用いている。水素極4A及び酸素極4Bは、炭素繊維等を主成分とする好通気性のマット状物であり、ここでは矩形状に加工されている。このマット状物には、白金及びパラジウムが触媒として担持されている。なお、マット状物には撥水処理のためフッ素樹脂等が添加されていてもよい。

【0028】膜・電極積層体L1の両側には、一對のセパレータ2が配置されている。本実施形態のセパレータ2は矩形状かつ板状の充実体であって、水素極4A及び酸素極4Bよりも一回り大きく形成されている。そして、プロトン交換膜3の外縁に設けられた肉厚フランジ部3aは、両セパレータ2の内面外周部によって挟持されている。フランジ部3aとセパレータ2との間には、外部への流体漏れを防止するために、シール部材としてのゴムパッキング5が介在されている。その結果、両セパレータ2間に膜・電極積層体L1が位置ずれ不能に固定されている。

【0029】図1、図2に示されるように、本実施形態のセパレータ2は、流体不透過性（Heガス透過において、 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-12}$ cc/cm²・sec）の基材とし

ての導電基材11と、その導電基材11の両面に形成された凸部としての複数のリブ12とを備えている。

【0030】この燃料電池1では、導電基材11として、炭素粉末及び熱硬化性樹脂をその主成分とする板状成形体15が用いられている。このような板状成形体15は、例えば従来公知の押出成形法、シート成形法、ロール成形法、ドクターブレード法等により得ることができる。

【0031】板状成形体15における炭素粉末の役割は、電気比抵抗を低減してセパレータ2の導電性を向上させることである。使用可能な炭素粉末としては、天然黒鉛粉末があるほか、例えば人造黒鉛粉末、ガラス状カーボン、メソカーボン、カーボンブラック等がある。勿論、これらの混合物を用いることもできる。この場合、極力、不純物含有量の少ない高純度炭素粉末を用いることが望ましい。具体的にいうと、本実施形態では、不純物濃度が200ppm～300ppm程度の鱗片状炭素粉末を用いている。

【0032】板状成形体15における熱硬化性樹脂の役割は、ガス等の流体を透過させない性質をセパレータ2（特に導電基材11）に与えること、及び好適なシート成形性を与えることである。使用可能な熱硬化性樹脂としては、例えばエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂などがある。これらのなかでも、特にフェノール樹脂を選択することが好ましい。フェノール樹脂は、成形性及び流体不透過性に優れるばかりでなく、耐酸性、耐熱性、コスト性にも優れるからである。なお、フェノール樹脂には、ノボラック系のものやレゾール系のもの等がある。ノボラック系フェノール樹脂及びレゾール系フェノール樹脂の混合物を用いても勿論構わない。

【0033】図1、図2に示されるように、導電基材11の両面には、等断面形状をした複数のリブ12が、基材外周部を除く箇所において平行に形成されている。膜・電極積層体L1をセパレータ2で挟持した場合、各リブ12の上端面はプロトン交換膜3に対して当接するようになっている。そして、リブ12同士の間形成される溝状の領域が、酸素ガス、水素ガス、水等の流体を流通させるための流体流路13となる。

【0034】リブ12の高さは1μm～500μm程度に、より好ましくは100μm～300μm程度に設定されていることがよい。リブ12が高すぎると、セパレータ2全体の厚さが増してしまい、燃料電池スタックを構成したときに大型化するおそれがある。リブ12が低すぎると、流体流路13の流路断面積が小さくなり、流体をスムーズに流通させることができなくなるおそれがある。

【0035】リブ12の幅は1μm～1000μm程度に、より好ましくは100μm～700μm程度に設定されていることがよい。リブ12の幅が大きすぎると、流

体流路13が幅狭となって流路断面積が小さくなるおそれがある。リブ12の幅が小さすぎると、印刷法であっても精度よく形成することが困難となるばかりでなく、構造的に十分な高さが確保されにくくなる。

【0036】このようなリブ12は、導電基材11の両面に対し、導電性ペーストのような導電性材料を付着させることにより形成される。具体的にいうと本実施形態のリブ12は、導電性粒子である炭素粉末を主成分として含むカーボンペーストP1の印刷により形成されたものとなっている。カーボンペーストP1を選択した第1の理由は、カーボンは、金属のように陽イオン溶出によりプロトン交換膜3を被毒化する危険性がないからである。また、第2の理由は、カーボンからなるリブ12であれば、炭素粉末を主成分として含む導電基材11との熱膨張係数差がほぼ等しくなり、リブ12と導電基材11との接合強度も高くなるからである。なお、被毒化を確実に防止するためには、極力、不純物濃度の低い（具体的には不純物濃度が数百ppm以下の）カーボンペーストP1を用いることがよい。

【0037】次に、本実施形態のセパレータ2を製造する手順を図3、図4に基づいて説明する。まず、炭素粉末及び熱硬化性樹脂を所定割合で配合し、混合物を得る。この混合物をメタノール等の溶剤を添加して適度な粘度に調整するとともに、混練機を用いてよく混練する。メタノールの代わりに、例えばアセトンや、高粘度の高級アルコール類等を溶剤として用いてもよい。得られたフレーク状混合物をミキサ等により粉碎し、シート成形用原料とする。

【0038】次に、得られた原料を用いて押出シート成形機14による成形を行うことにより、厚さ1mm～10mm程度の板状成形体15を連続的に成形する。このような押出成形工程の後、搬送されてくる板状成形体15を、加圧機16を用いてその厚さ方向に連続的にプレスする。

【0039】プレス工程の後、ある程度締まった板状成形体15をさらにキュアすべく、搬送されてくる板状成形体15に対して所定温度・所定時間の加熱を行う。具体的にいうと、ここでは従来公知のキュア装置17を用いて、150℃～250℃かつ5分～30分の加熱を行っている。その結果、これまで備えていた柔軟性が失われ、板状成形体15が硬化する。

【0040】キュア工程の後、下記のような手順で印刷工程を実施する。印刷工程の実施に先立ち、カーボンペーストP1を調製しておく。本実施形態ではカーボンペーストP1（藤倉化成株式会社製、商品名「ドータイト」）を用いるとともに、印刷前にその粘度を2000cpsに調節しておいた。ペーストP1におけるカーボンの量は、約65重量%である。なお、カーボンペーストP1には、分散剤、レベリング剤等が添加されている。

【0041】印刷機18に搬送されてくる図4（a）の

板状成形体15上に、所定のメタルマスク19を密着させる（図4（b）参照）。メタルマスク19には、複数の細長い開口部19aが形成されている。この状態でメタルマスク19上にカーボンペーストP1を載せ、図4（c）に示されるようにローラスキージ20を所定方向に移動させる。すると、メタルマスク19の開口部19aを介してカーボンペーストP1が刷り込まれる結果、所定高さ・所定幅のリブ12が印刷形成される。印刷は片面ずつ行われてもよく、両面同時に行われてもよい。このようにして印刷が完了したら、メタルマスク19を導電基材11から剥離する（図4（d）参照）。なお、上記のようなメタルマスク19を用いた印刷の代わりに、スクリーン印刷機によるスクリーン印刷を行ってもよい。

【0042】印刷工程の後、板状成形体15を切断機21に連続的に搬送し、板状成形体15を所定の長さで切断する。この場合、打抜きプレスによって板状成形体15を所定形状に打ち抜いてもよい。上記一連の工程を経ることによって、所望のセパレータ2が完成する。

【0043】このようにして製作されたセパレータ2を、膜・電極積層体L1及びゴムパッキング5とともに組み立てれば、図2等に示す所望の燃料電池1が完成する。十分大きな起電力を得るために、このような燃料電池1を数十枚から数百枚ほど積層し、「燃料電池スタック」を構成しても勿論構わない。

【0044】次に、図5に基づいて、この燃料電池1における発電原理を説明する。使用に際し、水素極4Aと酸素極4Bとの間には、モータ等のような負荷が外部回路として電気的に接続される。この状態で、水素極4A側のセパレータ2側に、水分とともに水素ガスを連続的に供給する。このとき、水分及び水素ガスは、リブ12間に位置する流体流路13内を一定方向に向かって流れる。同様に、酸素極4B側のセパレータ2側に、水分とともに酸素ガスを連続的に供給する。このとき、水分及び酸素ガスは、リブ12間に位置する流体流路13内を一定方向に向かって流れる。

【0045】水素極4A側のセパレータ2を経由して供給されてきた水素ガスは、水素極4Aにおける触媒反応により水素イオンとなる。生成された水素イオンは、プロトン交換膜3を通過しながら酸素極4Bに向かって移動する。酸素極4B側に到った水素イオンは、酸素極4Bにおける触媒反応によって酸素ガスと反応し、水を生成させる。このような反応が起こる過程では、電子が外部回路を通して水素極4Aから酸素極4Bへ移動する。従って、電流は酸素極4Bから水素極4Aへ流れ、結果として起電力を得ることができる。すると、外部回路に直流電流が通電され、負荷であるモータ等が駆動される。

【0046】従って、本実施形態によれば以下のような効果を得ることができる。

10

20

30

40

50

(1) 本実施形態のセパレータ2は、流体不透過性の導電基材11と、その導電基材11の両面に対しカーボンペーストP1の印刷により形成されたリブ12とを備えている。また、リブ12同士の間の領域は、酸素ガス、水素ガス、水等の流体を循環させるための流体流路13になっている。この構成であると、前記流体が導電基材11を透過することがないので、流体流路13に沿って流体を無駄なく確実に流すことができる。従って、同セパレータ2を用いて燃料電池1を構成すれば、安定した起電力を得ることができる。また、導電性材料の付着により形成されるリブ12であれば、その形成に際して高価なプレス成形用金型や長時間の機械加工を必要としない。よって、セパレータ2を比較的安価に得ることができ、ひいては燃料電池1の低コスト化が図られる。

【0047】(2) 本実施形態のセパレータ2では、流体不透過性の導電基材11の両面に対し、カーボンペーストP1を印刷して複数のリブ12を形成している。従って、基材11自体に導電性があることから、その両面に印刷形成されたリブ12同士が、その導電基材11を介して電気的に接続される。従って、セパレータ2を積層すれば、隣接するセパレータ2間の導通が図られることになり、よって比較的容易に燃料電池スタックを構成することができる。

【0048】また、導電性材料であるカーボンペーストP1の印刷により形成されたリブ12は、高価なプレス成形用金型や長時間の機械加工によって形成されたリブに比べ、高精度かつファインなものとなるという利点がある。

【0049】(3) 本実施形態のセパレータ2は、上述した成形工程、プレス工程、キュア工程、印刷工程及び切断工程という一連の工程によって、連続的に製造されることが可能である。従ってこの方法によれば、高価なプレス成形用金型や長時間の機械加工を必要とする従来方法とは異なり、高精度かつファインなリブ12を備えるにもかかわらず安価なセパレータ2を、確実にかつ効率よく製造することができる。

〔第2の実施形態〕次に、本発明を具体化した実施形態2の燃料電池1におけるセパレータ31を図6～図8に基づいて説明する。ここでは実施形態1と相違する点を主に述べ、共通する点については同一部材番号を付すのみとしてその説明を省略する。

【0050】図6、図7に示されるように、本実施形態のセパレータ31では、絶縁基材35が基材として用いられている点で、実施形態1と異なっている。ここで使用される好適な絶縁基材35の例としては、ガラスエポキシ基材、ポリイミド基材、ポリエステル基材、フッ素系樹脂基材等といった一般的なプリント配線板用基材を挙げることができる。この種の絶縁基材35は、加工性や絶縁特性などに優れるという利点を有する。

【0051】絶縁基材35の両面には、凸部としての複

数のリブ12が導電性材料を用いて印刷形成されている。ただし、これらのリブ12の形成にあたって、金、銀、白金、パラジウム等から選択される少なくとも1種の貴金属を含む貴金属ペーストP2を用いている点が、実施形態1と異なる。貴金属ペーストP2を選択した理由は、貴金属はイオン化傾向が小さいため、当該金属がプロトン交換膜3に接触したとしても、プロトン交換膜3を被毒化させる危険性がないからである。

【0052】また、絶縁基材35には、導通部としてのめっきスルーホール32が設けられている。めっきスルーホール32の開口部は、リブ12の底面と接触した状態となっている。よって、各めっきスルーホール32は、絶縁基材35の表裏両面のリブ12同士を互いに電気的に接続させている。リブ12は、めっきスルーホール32の開口部を覆う位置に形成されている。従って、流体流路13内を流れる流体に対して、めっきスルーホール32は直接触れることはない。このことを可能とするために、本実施形態ではめっきスルーホール32の開口径をリブ12の幅よりも若干小さく設定している。導通部であるめっきスルーホール32内には、導電性材料が充填されていることが好ましい。ここで導電性材料は、貴金属ペーストP2自身であってもよいほか、それ以外の物質であってもよい。

【0053】次に、本実施形態のセパレータ31を製造する手順を図8に基づいて説明する。まず、出発材料である絶縁基材35を用意する。絶縁基材35は、すでに所定長さに分断されたものでもよいほか、ロール状に巻かれたものでもよい。ロール状のものを選択した場合には、後に所定長さで分断する工程が必要となる。

【0054】図8(a)に示される絶縁基材35の所定箇所に、あらかじめスルーホール形成用孔33を透設する(図8(b)参照)。次いで、絶縁基材35に図示しないマスクを設けた後、触媒核付与及びその活性化を行い、さらに無電解銅めっきを行う。その結果、図8(c)に示されるめっきスルーホール32が形成される。

【0055】次に、下記のような手順で印刷工程を実施する。印刷工程の実施に先立ち、貴金属ペーストP2を調製しておく。本実施形態では銀ペースト(藤倉化成株式会社製、商品名「ドータイト」)を用いるとともに、印刷前にその粘度を2000cpsに調節しておいた。前記銀ペーストには、分散剤、消泡剤等が添加されている。

【0056】図8(d)に示されるように、印刷機に搬送されてきた絶縁基材35上にメタルマスク19を密着させ、かつ同メタルマスク19上に貴金属ペーストP2を載せた状態で、ローラスキージ20を所定方向に移動させる。すると、メタルマスク19の開口部19aを介して貴金属ペーストP2が刷り込まれる結果、所定高さ・所定幅のリブ12が印刷形成される。このようにして

印刷が完了したら、メタルマスク19を絶縁基材35から剥離する(図8(e)参照)。なお、上記のようなメタルマスク19を用いた印刷の代わりに、スクリーン印刷機によるスクリーン印刷を行ってもよい。

【0057】そして、上記一連の工程を経ることによって、所望のセパレータ31が完成する。このようにして製作されたセパレータ31を、膜・電極積層体L1及びゴムパッキング5とともに組み立てれば、図7等所示所望の燃料電池1が完成する。

【0058】従って、本実施形態によれば、以下のよう

(1) 本実施形態では、貴金属ペーストP2の印刷によりリブ12を形成しているため、セパレータ31の形成に際して高価なプレス成形用金型や長時間の機械加工が不要となる。よって、比較的安価にセパレータ31を得ることができ、ひいては燃料電池1の低コスト化を図ることができる。

【0059】(2) また、本実施形態のセパレータ31では、導電性を有しない絶縁基材35を用いるとともに、その絶縁基材35に導通部としてのめっきスルーホール32を設けている。このため、絶縁基材35自体に導電性がなくても、その両面に印刷形成されたリブ12同士が、同めっきスルーホール32を介して電氣的に接続される。従って、セパレータ31を積層したときに、隣接するセパレータ31間の導通が図られることになり、よって比較的容易に燃料電池スタックを構成することができる。

【0060】また、貴金属ペーストP2の印刷により形成されたリブ12は、プレス成形用金型や長時間の機械加工によって形成されたリブに比べ、高精度かつファインなものとなるという利点がある。

【0061】(3) このセパレータ31では、めっきスルーホール32の両端開口部がリブ12によって覆われている。従って、流体流路13を流れる流体がめっきスルーホール32の形成箇所に直接触れないようになってい

る。ゆえに、めっきスルーホール32を構成している銅めっき層の銅がイオン化して流体中に混入するおそれがなく、プロトン交換膜3の被毒化が確実に防止される。その結果、長期にわたって安定した起電力を得ることができる。

〔第3の実施形態〕次に、本発明を具体化した実施形態3のセパレータ41を図9、図10に基づいて説明する。ここでは実施形態1、2と相違する点を主に述べ、共通する点については同一部材番号を付すのみとしてその説明を省略する。

【0062】本実施形態のセパレータ41では、単層構造を採用していた実施形態1、2のものとは異なり、積層構造が採用されている。セパレータ41を構成する積層体は、第1絶縁基材35Aと、第2絶縁基材35Bと、両絶縁基材35A、35Bの間に配置された層状の

導電体42とからなる。絶縁基材35A、35Bとしては、実施形態2にて示した一般的なプリント配線板用基材が使用される。層状の導電体42としては、例えば、銅めっき層、アルミニウムめっき層、金めっき層などに代表される導電性金属のめっき層が形成される。このようなめっき層のほか、導電性金属のスパッタ層、導電性金属ペーストの印刷層、導電性金属からなる箔などを、導電体42として採用することも可能である。

【0063】導電体42の厚さは1 μm ~1000 μm 程度、特に10 μm ~100 μm 程度であることがよい。導電体42が薄すぎると、電気抵抗が大きくなり、発熱等を引き起こす原因となる。逆に、導電体42が厚すぎると、電気抵抗の増大という問題は生じない反面、セパレータ41全体の厚さが増してしまう。従って、燃料電池スタックを構成したときに、大型化したり重量が増加してしまうおそれがある。

【0064】図9に示されるように、導電体42は、両絶縁基材35A、35Bの外形寸法よりもひとまわり小さい領域内に形成されていることがよい。別のいい方をすると、導電体42は、両絶縁基材35A、35Bの外周部のみを残した状態で形成されていることがよい。このように形成しておく、積層時に導電体42が積層体の外表面から露出しなくなり、被毒化の確実な防止につながるからである。

【0065】第1絶縁基材35Aの片面には、プロトン交換膜3の貴金属ペーストP2の印刷によって複数の第1リブ12Aが形成されている。第1絶縁基材35Aには、その表裏面を貫通するめっきスルーホール32Aが設けられている。めっきスルーホール32Aは第1リブ12Aと接触しており、それらは互いに電氣的に接続している。同様に、第2絶縁基材35Bの片面には、貴金属ペーストP2の印刷によって複数の第2リブ12Bが形成されている。第2絶縁基材35Bには、その表裏面を貫通するめっきスルーホール32Bが設けられている。めっきスルーホール32Bは第2リブ12Bと接触しており、それらは互いに電氣的に接続している。

【0066】第1絶縁基材35Aのめっきスルーホール32Aと、第2絶縁基材35Bのめっきスルーホール32Bとは、導電体42を介して互いに電氣的に接続されている。即ち、めっきスルーホール32A、32B及び導電体42によって、積層体における表裏面の層間接続が図られている。

【0067】従って、本実施形態によれば、以下のよう

(1) 本実施形態のセパレータ41によれば、実施形態2にて列挙した作用効果と同様の作用効果を得ることができる。

【0068】(2) また、このセパレータ41は、両絶縁基材35A、35Bの間に配置された導電体42を介して、めっきスルーホール32A、32B同士が互いに

10

20

30

40

50

電氣的に接続された構造を備えている。このため、実施形態2のような構造を採用したときに比べ、めっきスルーホール32A、32Bの形成位置に制約を受けにくくなる。即ち、めっきスルーホール32A、32Bの形成自由度が大きくなる結果、セパレータ41の設計が容易になるという利点がある。

〔第4の実施形態〕次に、本発明を具体化した実施形態4のセパレータ51を説明する。ここでは前記各実施形態と相違する点を主に述べ、共通する点については同一部材番号を付すのみとしてその説明を省略する。

【0069】この実施形態では、図11(a)～(d)に示される手順でセパレータ51を製造している。まず、絶縁基材35を用意するとともに、所定箇所に導通部52を透設する。導通部52は孔状(即ち貫通孔)であっても溝状(即ち貫通溝)であってもよい。絶縁基材35を印刷機にセットし、かつメタルマスク19を密着させた状態で、ローラスキージ20にて貴金属ペーストP2を印刷することにより、リブ12を形成する。このとき、導電性材料である貴金属ペーストP2が導通部52内に充填されるように、粘度等を適宜設定する。このような方法によると、絶縁基材35の表裏面のリブ12同士が、導通部52内に充填された貴金属ペーストP2を介して導通される。

【0070】従って、本実施形態によれば、以下の効果を奏する。即ち、実施形態2のようにめっきスルーホール32を形成する必要がなくなるため、めっき層を持たない単なる導通部52で足りることとなる。ゆえに、その分だけ製造に要する工数が少なくて済む。なお、貴金属ペーストP2の代わりに実施形態1のカーボンペーストP1を用いることもできる。

〔第5の実施形態〕次に、本発明を具体化した実施形態5のセパレータ61を図12に基づいて説明する。ここでは前記実施形態2と相違する点を主に述べ、共通する点については同一部材番号を付すのみとしてその説明を省略する。

【0071】本実施形態のセパレータ61では、導通部であるめっきスルーホール32の内壁面には、めっき層としての無電解銅めっき層62が設けられている。そして、この無電解銅めっき層62の表層には、微細な凹凸からなる凹凸層63が形成されている。即ち、無電解銅めっき層62の表面は粗化されている。めっきスルーホール32のランド64の表層にも、同様に凹凸層63が形成されている。なお、十分なアンカー効果を得るためには、凹凸層63の表面粗さRaを $1\mu\text{m}$ ～ $20\mu\text{m}$ に設定することがよい。

【0072】本実施形態における凹凸層63は、無電解銅-ニッケル-リンめっき等によって得られる針状合金層になっている。この他、銅の酸化処理によって得られる黒化層、銅の酸化処理および還元処理によって得られる黒化還元層、ブラウン還元層などを選択してもよい。

これらの層のなかでも、とりわけ無電解銅-ニッケル-リンめっき等によって得られる針状合金層を選択することが望ましい。その理由は、このような針状合金層は、1) 充填された材料との密着性に優れる、2) 強靱性があるため硬質でクラックが生じにくい、3) ヒートサイクル特性に優れる、等の好適な性質を有するからである。

【0073】針状合金層を形成するための無電解銅めっき浴の組成の例を以下に示す。

- 10 硫酸銅： $1\sim 40\text{ g/リットル}$ 、
- 硫酸ニッケル： $0.1\sim 6.0\text{ g/リットル}$ 、
- クエン酸： $10\sim 20\text{ g/リットル}$ 、
- 次亜リン酸塩： $10\sim 100\text{ g/リットル}$ 、
- ほう酸： $10\sim 20\text{ g/リットル}$ 、
- 界面活性剤： $0.01\sim 10\text{ g/リットル}$ 。
- 【0074】また、このときにおける好適な無電解めっきの条件を以下に示す。
- めっき浴の温度： $60\sim 80^\circ\text{C}$ 、
- pH： $8.5\sim 10$ 程度、
- 20 浴比： $0.01\sim 1.0\text{ dm}^3/\text{リットル}$ 、
- 析出速度： $1\sim 3\mu\text{m}/10\text{分}$ 、
- めっき時間： $5\sim 20\text{分}$ 。

【0075】針状合金層における凹凸層63の厚さ(めっきスルーホール内壁の平滑な導体表面から針状合金の頂部までの距離を指す。)は、 $0.5\mu\text{m}\sim 7.0\mu\text{m}$ 、好ましくは $1.0\mu\text{m}\sim 5.0\mu\text{m}$ 、より好ましくは $1.5\mu\text{m}\sim 3.0\mu\text{m}$ の範囲内に設定されることが望ましい。その理由は、凹凸層63が厚くなりすぎると、めっき時間の長期化に起因してコスト高になるほか、針状皮膜自体が脆くなって充填材料との間に隙間が生じやすくなるからである。一方、凹凸層63が薄くなりすぎると、凹凸によるアンカー効果が不十分となり、充填材料との間に隙間が生じやすくなるからである。

【0076】前記針状合金層における凹凸層63は、スズ層によって保護されていることが望ましい。その理由を以下に列挙する。1) 前記合金めっきは酸や酸化剤に溶解しやすい。従って、スズ層によって合金めっきを保護しておけば溶解が防止され、凹凸層63を構成する凹凸の好適な形状が維持されるためである。2) スズ層は、凹凸層63と充填材料との間における空隙の発生を防止し、密着性を向上させることができるからである。3) スズは、工業的に安価で毒性が少ない金属だからである。4) スズは、銅との置換反応によって析出する金属であるため、銅-ニッケル-リン層の針状合金を破壊することなく被覆することができるからである。

【0077】本実施形態において、めっきスルーホール32内に充填される材料としては、例えば樹脂絶縁材料や導電性材料などがある。前記樹脂絶縁材料としては、マトリクス樹脂中にフィラーを含ませたものを使用することが好ましい。このようなフィラーが含まれていると

熱膨張係数が小さくなり、ヒートサイクル特性が改善されるからである。マトリクス樹脂としては、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエーテルサルホン樹脂等が挙げられる。これらのなかでもエポキシ樹脂を用いることが望ましい。フィラーとしては、エポキシ樹脂やポリイミド樹脂等の有機フィラー、シリカやアルミナ等の無機フィラー等を用いることができる。フィラーの平均粒径は $0.1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ であることが望ましい。その理由は、平均粒径が小さすぎると、硬化時において膨張・収縮を緩和する効果が得られにくくなるからである。逆に、平均粒径が大きすぎると、フィラーが前記針状合金層の針状形状よりも大きくなる結果、フィラーの針状合金層への追従性が悪くなるおそれがあるからである。

【0078】また、前記導電性材料としては、実施形態2においても述べたように、金、銀、白金、パラジウム等から選択される少なくとも1種の貴金属を含むリブ形成用の貴金属ペーストP2が用いられることがよい。勿論、貴金属の代わりに銅等の卑金属を含むペーストを用いることもできる。特に銅を選択した場合、低抵抗化及び低コスト化が図られる。なお、金属を含むペーストの代わりに実施形態1のカーボンペーストP1を用いることもできる。

【0079】従って、本実施形態によれば、以下のようない効果を達成することができる。

(1) めっきスルーホール32に樹脂絶縁材料または導電性材料を充填した場合、凹凸層63を構成する凹凸のもとアンカー効果によって、無電解銅めっき層62に対する前記材料の密着性が向上する。しかも、めっきスルーホール32内にボイドが存在しなくなる。従って、ヒートサイクル特性が向上し、めっきスルーホール32部分にクラック等が発生しにくくなる。その結果、信頼性に優れたセパレータ61、ひいては信頼性に優れた燃料電池1を実現することができる。

【0080】(2) 特に、めっきスルーホール32内に導電性材料を充填することにより、めっきスルーホール32の低抵抗化を図ることができる。その結果、ロスが少なく効率のよい発電を行うことが可能な優れた燃料電池1を実現することができる。

〔第6の実施形態〕次に、本発明を具体化した実施形態6のセパレータ71を図13に基づいて説明する。ここでは前記実施形態4と相違する点を主に述べ、共通する点については同一部材番号を付すのみとしてその説明を省略する。

【0081】本実施形態のセパレータ71は、導通部52の内壁面及び絶縁基材35の表裏面に微細な凹凸からなる凹凸層72が形成されている点で、実施形態4と異なっている。

【0082】このような凹凸層72は、例えば導通部52の透設後に絶縁基材35に対して下記の樹脂材料を塗布しておき、この状態で酸化処理を行って前記樹脂材料

からなる層を粗化することなどにより、得ることが可能である。

【0083】ここで、前記樹脂材料としては、酸あるいは酸化剤に対して可溶性でありかつあらかじめ硬化処理された耐熱性樹脂微粒子（フィラー樹脂）と、硬化処理することにより酸あるいは酸化剤に対して難溶性になる耐熱性樹脂液（マトリクス樹脂）とを含むものが挙げられる。なお、前記マトリクス樹脂は、感光性であってもよく熱硬化性であってもよい。

10 【0084】好適な耐熱性樹脂微粒子としては、1) 平均粒径が $2\mu\text{m}$ 以下の耐熱性樹脂粉末を凝縮させて平均粒径 $2\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の大きさとした凝集粒子、2) 平均粒径 $2\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の耐熱性樹脂粉末と、平均粒径が $2\mu\text{m}$ 以下の耐熱性樹脂粉末との粒子混合物、3) 平均粒径 $2\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の耐熱性樹脂粉末の表面に平均粒径が $2\mu\text{m}$ 以下の耐熱性樹脂粉末または無機微粉末を付着させてなる疑似粒子、等が挙げられる。これらのなかでも、特に2)の粒子混合物を用いることが好適である。その理由は、この樹脂を粗化することによって凹凸層72を形成した場合、より確実なアンカー効果を確保することができるからである。

20 【0085】前記フィラー樹脂となる耐熱性樹脂微粒子としては、例えばエポキシ樹脂、ポリエステル樹脂、ビスマレイミド・トリアジン樹脂等の粉末を使用することが好適である。そのような樹脂微粒子の大きさは、 $0.1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の範囲内であることが望ましい。前記マトリクス樹脂となる耐熱性樹脂としては、エポキシ樹脂、エポキシ変成ポリイミド樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂等を使用することが可能である。また、これらの樹脂に対して感光性を付与させてもよい。この樹脂液に対して上記の樹脂微粒子を所定量配合した後に、ブチルセルソルブ等の溶剤を加えて攪拌することによって、前記樹脂微粒子が均一に分散されたワニスを得ることができる。このようにして得られたワニスは、絶縁基材35に対して均一に塗布する。このとき、絶縁基材35の表裏面のみならず、導通部52の内壁面もワニスによって覆われるようにする。その後、硬化処理を行い、図示しない樹脂層を形成する。

40 【0086】前記酸化処理に用いられる酸化剤としては、例えばクロム酸、クロム酸塩、過マンガン酸塩、オゾン等が挙げられる。このような酸化剤により酸化処理を行うと、フィラー樹脂部分のみが選択的に溶解され、マトリクス樹脂表面にアンカーとしての無数の微細な凹凸が形成される。即ち、前記樹脂層の表面が粗化され、凹凸層72が形成される。なお、凹凸層72の表面粗度(Rmax)は、 $1\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ の範囲内に設定されることが望ましい。この範囲内であると、好適なアンカー効果が得られるからである。

50 【0087】従って、本実施形態によれば、以下の効果を奏する。導通部52に導電性材料である貴金属ペース

トP2を充填した場合、凹凸層72を構成する凹凸のものとアンカー効果によって、導通部52の内壁面の樹脂層に対する前記導電性材料の密着性が向上する。従って、ヒートサイクル特性が向上し、導通部52にクラック等が発生しにくくなる。その結果、信頼性に優れたセパレータ71、ひいては信頼性に優れた燃料電池1を実現することができる。なお、導通部52の内壁面に樹脂層を形成することなく、当該導通部52の内壁面に直接的に凹凸層72を形成するようにしても勿論よい。

【0088】なお、本発明の実施形態は以下のように変更してもよい。

・ リブ12、12A、12Bのレイアウトは、任意に変更することが可能である。また、細長い形状のリブ12、12A、12B以外のもの、例えば突起などを凸部として形成してもよい。

【0089】・ 実施形態1にて示した製造方法におけるプレス工程やキュア工程は、特に必要でなければ省略されても構わない。

・ 実施形態1にて示したカーボンペーストP1や、実施形態2にて示した貴金属ペーストP2等の代わりに、ウレタン系、ゴム系、エラストマー系のインクを印刷用導電性材料として用いることもできる。

【0090】・ 導電基材は、実施形態1のような板状成形体15に限定されることはなく、例えば熱可塑性樹脂フィルムを加熱処理等によって炭化させたもの等であってもよい。

【0091】・ 前記実施形態に示したような印刷法に代えて、例えば、塗布法、めっき法、貼り付け法などの他の手法によって、凸部としてのリブ12、12A、12Bの付着形成を行うことも可能である。

【0092】次に、特許請求の範囲に記載された技術的思想のほか、前述した実施形態によって把握される技術的思想をその効果とともに以下に列挙する。

(1) 請求項1乃至9のいずれか1つにおいて、前記導電性材料は低不純物濃度であること。従って、この技術的思想1に記載の発明によれば、プロトン交換膜の被毒化を確実に防止できる。

【0093】(2) 請求項1乃至9のいずれか1つにおいて、前記導電性材料は低不純物濃度のカーボンペーストであること。従って、この技術的思想2に記載の発明によれば、プロトン交換膜の被毒化を確実に防止できる。

【0094】(3) 請求項1、2、6、技術的思想1、2のいずれか1つにおいて、前記導電基材は炭素粉末を含むシート成形体であること。

(4) 請求項3、4、5のいずれか1つにおいて、前記導通部はめっきスルーホールであること。従って、この技術的思想4に記載の発明によれば、基材両面のリブ同士を確実に導通できる。

【0095】(5) 技術的思想4において、前記導通

部は前記めっきスルーホール内に導電性材料を充填したものであること。従って、この技術的思想5に記載の発明によれば、基材両面のリブ同士をより確実にかつ低抵抗で導通できる。

【0096】(6) 請求項3、4、5、技術的思想4、5のいずれか1つにおいて、前記絶縁基材はプリント配線板用基材であること。従って、この技術的思想6に記載の発明によれば、前記基材は加工性や絶縁特性などに優れるため、性能のよいセパレータを比較的安価に得ることができる。

【0097】

【発明の効果】以上詳述したように、請求項1～8に記載の発明によれば、比較的安価であっても高精度な固体高分子型燃料電池のセパレータを提供することができる。

【0098】請求項2、3に記載の発明によれば、高精度かつファインなリブを備えたセパレータを提供することができる。請求項4に記載の発明によれば、プロトン交換膜の被毒化を防止することができる。

【0099】請求項5に記載の発明によれば、導通部の形成自由度が大きくなるため、セパレータの設計が容易になる。請求項6、7、8に記載の発明によれば、信頼性の向上が図られる。

【0100】請求項9に記載の発明によれば、上記の優れたセパレータの製造に好適な方法を提供することができる。請求項10に記載の発明によれば、比較的安価であっても高精度な固体高分子型燃料電池を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を具体化した第1実施形態の固体高分子型燃料電池の分解斜視図。

【図2】第1実施形態の燃料電池の概略断面図。

【図3】第1実施形態の燃料電池の製造手順を示す概略図。

【図4】(a)～(d)は、第1実施形態の燃料電池の製造手順を示す概略図。

【図5】第1実施形態の燃料電池の原理説明図。

【図6】第2実施形態の固体高分子型燃料電池のセパレータの一部分斜視図。

【図7】第2実施形態の燃料電池の概略断面図。

【図8】(a)～(e)は、第2実施形態の燃料電池の製造手順を示す概略図。

【図9】第3実施形態の固体高分子型燃料電池のセパレータの一部分斜視図。

【図10】第3実施形態の燃料電池の概略断面図。

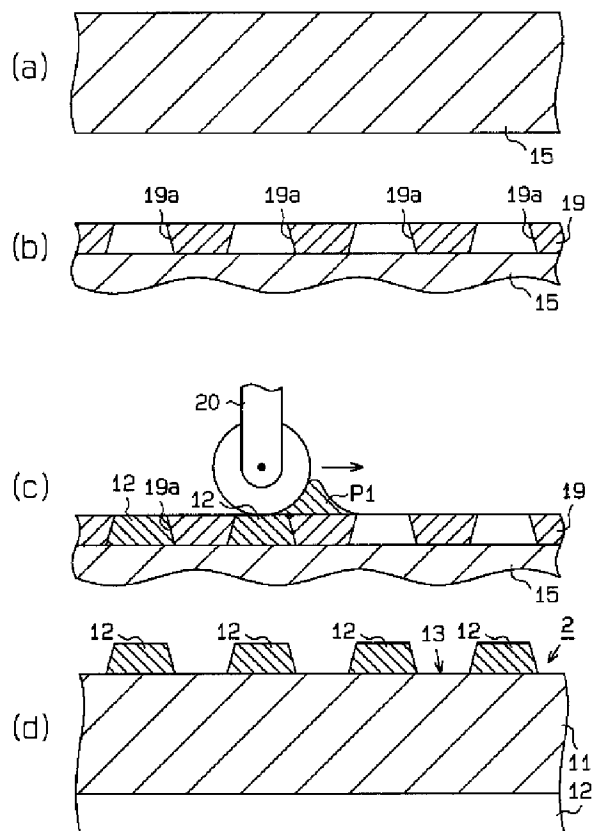
【図11】(a)～(d)は、別例のセパレータの製造手順を示す概略図。

【図12】(a)は別例のセパレータを示す要部拡大概略断面図、(b)はめっきスルーホールの内壁面の拡大断面図。

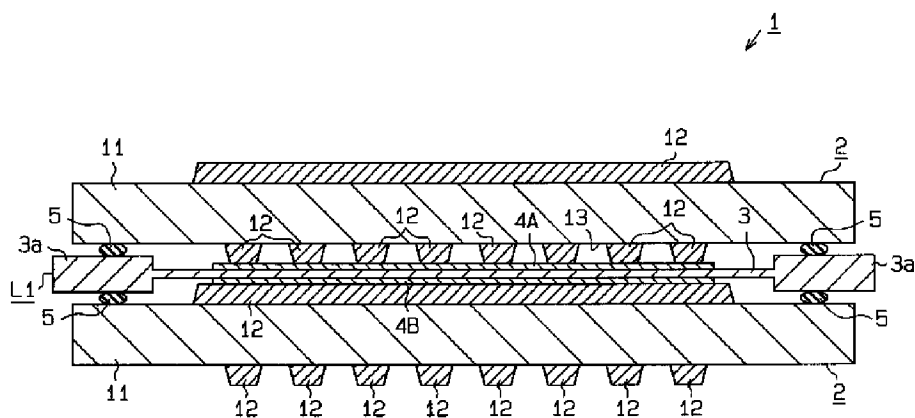
* 凸部としての第2リブ、13…流体流路、15…成形体としてのシート成形体、32…導通部としてのめっきスルーホール、35…基材としての絶縁基材、35A…基材としての第1絶縁基材、35B…基材としての第2絶縁基材、42…導電体、L1…膜・電極積層体、P1…導電性材料としてのカーボンペースト、P2…導電性材料としての貴金属ペースト。

1…固体高分子型燃料電池、2、3 1、4 1、5 1、6 1、7 1…セパレータ、3…プロトン交換膜、4 A、4 B…電極、1 1…基材としての導電基材、1 2…凸部としてのリブ、1 2 A…凸部としての第1リブ、1 2 B…*

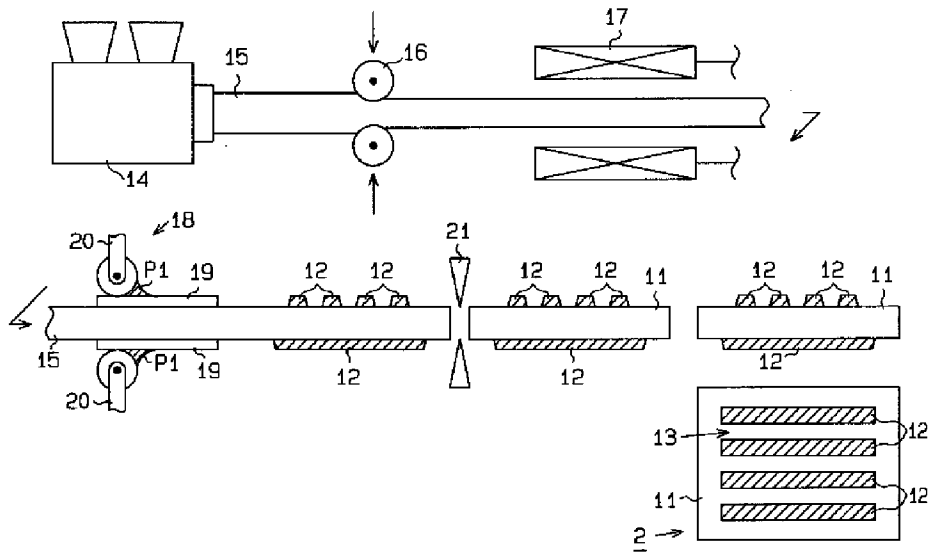
【图 4】



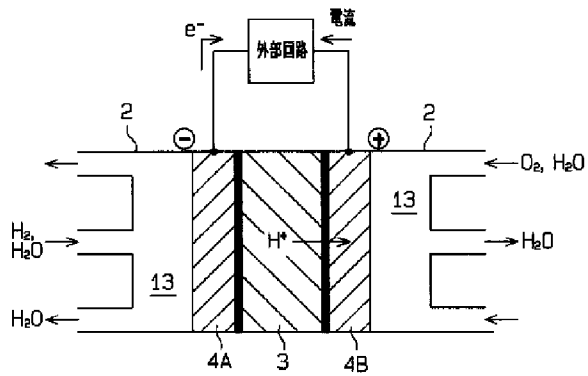
【图 2】



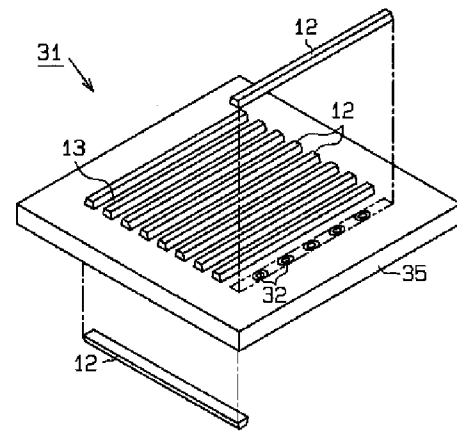
【図3】



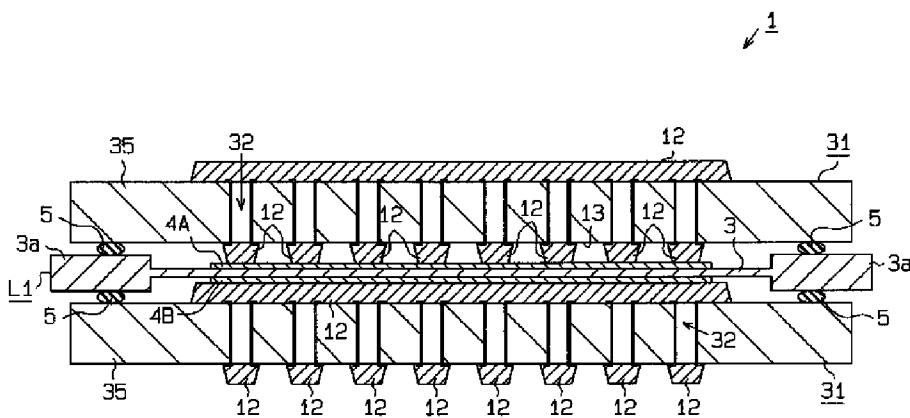
【図5】



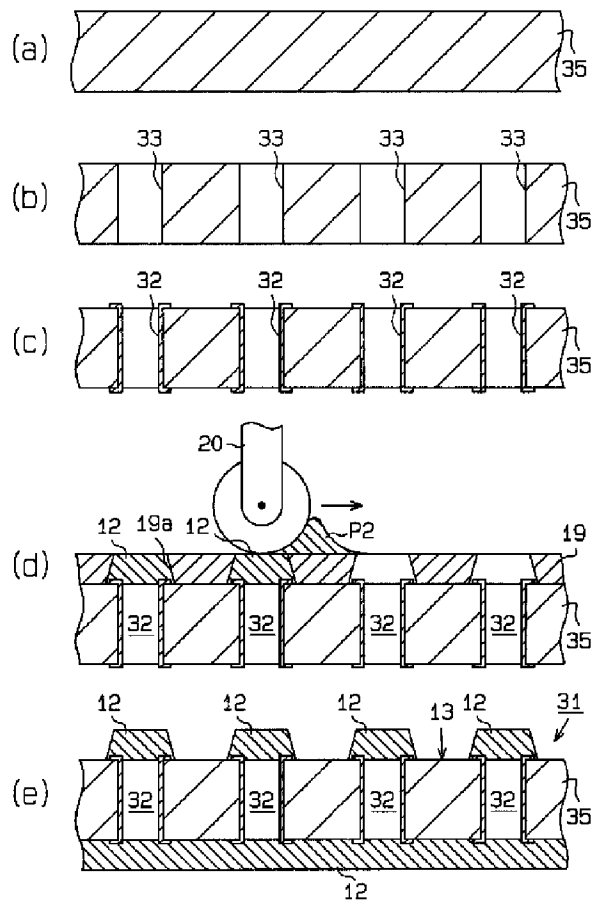
【図6】



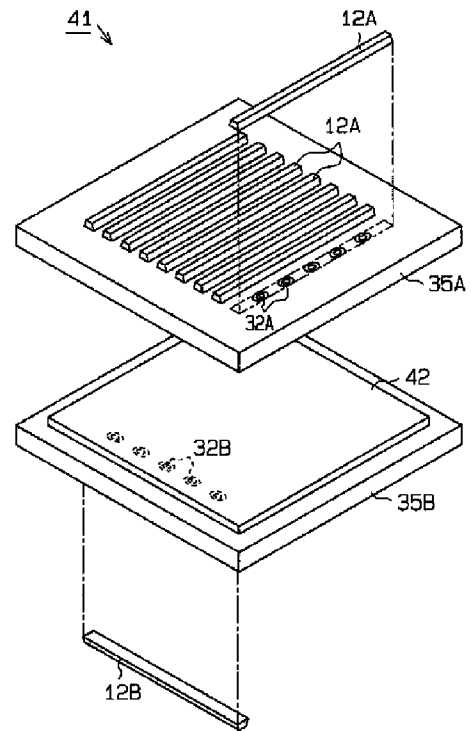
【図7】



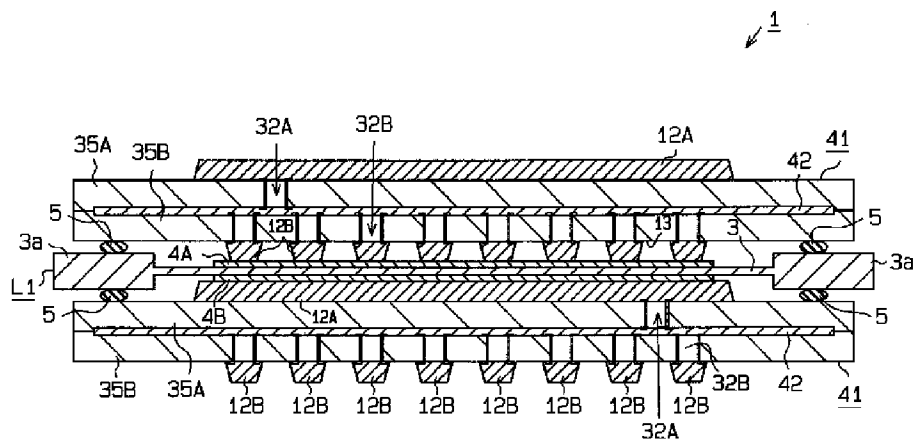
【图 8】



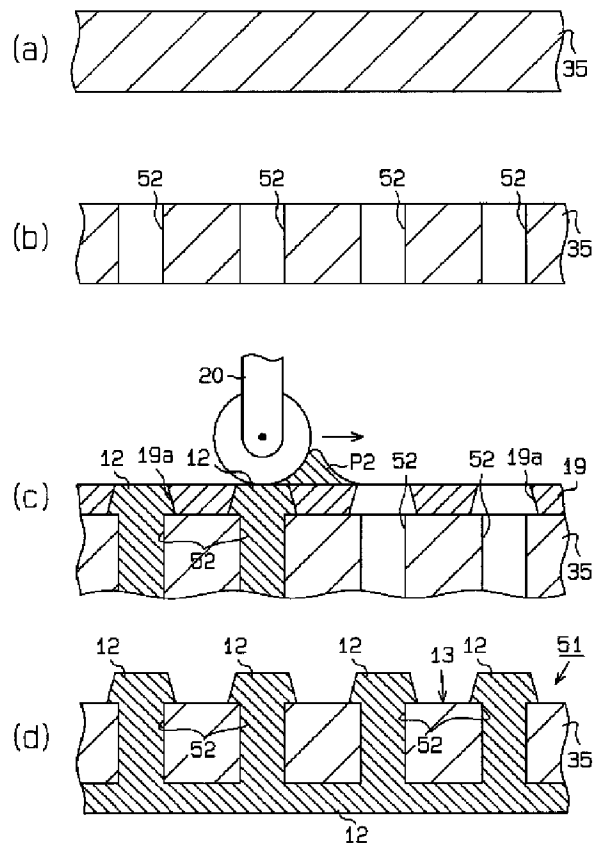
【图 9】



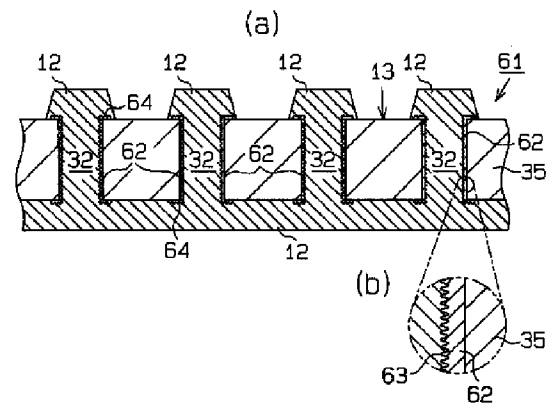
【図 10】



【図11】



【図12】



【図13】

